



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Stand der Forschungsplanung im Standortauswahlverfahren

2. Tage der Standortauswahl – TU Bergakademie Freiberg

Astrid Göbel

12. Februar 2021, Online-Veranstaltung

STAND DER FORSCHUNGSPLANUNG IM STANDORTAUSWAHL- VERFAHREN



01

FORSCHUNG IM STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

02

DIE FORSCHUNGSAGENDA STANDORTAUSWAHL

03

ÜBERBLICK ÜBER AKTUELLE FuE-THEMEN

04

AUSBLICK



Forschung im Standortauswahlverfahren

01



Mit dem Standortauswahlverfahren soll in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung (...) in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden.

§ 1 Stand AG

Übersicht

Termingerechte und fachlich exzellente Umsetzung des Standortauswahlverfahrens durch die BGE

FORSCHUNGSPLANUNG FÜR DEN BEREICH STANDORTAUSWAHL (STA)

Identifizieren und Formulieren von
FuE-Bedarfen relevant für
Standortauswahlverfahren

Planen und Umsetzen
von FuE-Vorhaben
und Aktivitäten

Erzielen der
Forschungsergebnisse und
Schließen von identifizierten
Wissenslücken

- Anwendung der Kriterien und Anforderungen (§§ 22 – 25 StandAG)
- Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
- Nachweisführung
- operative technische Entwicklungen und Methoden

Formulierung der Bedarfe

Termingerechte und fachlich exzellente Umsetzung des Standortauswahlverfahrens durch die BGE

FORSCHUNGSPLANUNG FÜR DEN BEREICH STANDORTAUSWAHL (STA)

Identifizieren und Formulieren von FuE-Bedarfen relevant für Standortauswahlverfahren

- Anwendung der Kriterien und Anforderungen (§§ 22 – 25 StandAG)
- Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
- Nachweisführung
- operative technische Entwicklungen und Methoden

Planen und Umsetzen von FuE-Vorhaben und Aktivitäten

Erzielen der Forschungsergebnisse und Schließen von identifizierten Wissenslücken

Vorgehensweise

- Schrittweise Identifizierung der FuE-Bedarfe
 - Verfeinern der FuE-Bedarfe: von wirtsgesteinsallgemein formulierten Bedarfen zu wirtsgesteinsspezifischen Bedarfen (je nach Ergebnissen des Standortauswahlverfahrens)
 - Fortschreibung und Ergänzung der identifizierten Bedarfe
- Priorisierung nach Relevanz und Dringlichkeit der Ergebnisse
- Fokussierte kurzfristige (aktuell für Schritt 2 Phase I sowie Anfang Phase II) und langfristige Planung (für das gesamte Verfahren)



¹ Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist.

Identifizierung von FuE-Bedarfen für das Standortauswahlverfahren



- Gesetzliche Regelungen (StandAG, EndlSiAnfV¹ und EndlSiUntV²)
- Stellungnahme der ESK „Endlagerforschung in Deutschland: Anmerkungen zu Forschungsinhalten und Forschungssteuerung“
- Interne und externe Expertise
- Dialog mit der Öffentlichkeit (z. B. Fachkonferenz Teilgebiete, Online-Sprechstunden, dialog@bge.de)
- Abgleich mit Forschungsprogrammen wichtiger internationaler Gremien/Kooperationen (EURAD, IGD-TP)

Die FuE-Bedarfe werden auf die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens fokussiert. Maßgeblich ist, was die Vorhabenträgerin tatsächlich an Erkenntnissen, (Weiter-)Entwicklungen, Modellen und Demonstrationsversuchen benötigt, um ihre Aufgaben zielorientiert **unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft & Technik (W&T)** umzusetzen

¹ Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)

² Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)

Forschungsschwerpunkte – abgeleitet aus den Regularien

- Berücksichtigung der drei potentiellen Wirtsgesteine in einem vergleichenden, sicherheitsgerichteten Verfahren
- Verständnis des Verhaltens radioaktiver Abfälle und der Entwicklung der radiotoxischen und chemotoxischen Eigenschaften für das Management von Ungewissheiten und einer Stärkung der Robustheit der Sicherheitsbetrachtungen
- Temperaturabhängigkeit der Eigenschaften der verschiedenen Wirtsgesteine zur Bewertung der Grenztemperatur an der Behälteraußenseite
- Nachweisführung zur technischen Machbarkeit der Rückholung der Abfälle während der Betriebsphase des geplanten Endlagers
- Endgültiger Verschluss des Endlagerbergwerks in einer tiefen geologischen Formation
- Grundsätzliche Überlegungen für die Möglichkeit einer Bergung der Abfälle nach Verschluss des Endlagerbergwerks für 500 Jahre
- Langzeitsicherheitsuntersuchungen
- Entwicklung Endlagerbehälter

Fragen zum Zwischenbericht Teilgebiete – Übersicht

~ 690 E-Mails zum Zwischenbericht Teilgebiete, mehrere Fragen pro E-Mail (Stand 10.02.2021)

Thema	Beiträge
Sonstiges	338
Online-Sprechstunde	132
Ablauf Endlagersuche	69
Postversand	49
Alternativen	27
fachliche Anfrage	24
Shape-Daten	21
technischer Fortschritt	15
Gorleben	13
Zwischenlagerung	8
Endlagerung im All	7
Gebietskörperschaften	5
Bürgerbeteiligung	5
Strahlung	3
Immobilien-Wertverlust	1

Zuordnung einer E-Mail zu mehreren Themen möglich

Fragen aus Öffentlichkeit und Fachkreisen – Beispiele



- **Heliumpartialdruck** – Einordnung mit Blick auf Inventar, Rückhaltevermögen in den verschiedenen Wirtsgesteinen und auf die Sicherheitsanforderungen
- Verweis auf ein Research Paper ‘Retention of iodide by the Callovo-Oxfordian formation: An experimental study’¹ als Hinweis zum **Rückhaltevermögen der Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gegenüber Radionukliden Anlage 9 (zu § 24 Abs. 5) StandAG**
- Kristallin – Welche Methoden stehen zur Verfügung, den Typ und die **Klüftigkeit des Kristallins** in den potentiellen Endlagertiefen zu untersuchen?
- Auswirkung **klimatischer Veränderungen**, wie Vergletscherung, Überflutungen in Folge des Meeresspiegelanstiegs

¹ Montavon, G., et al., Retention of iodide by the Callovo-Oxfordian formation: An experimental study, Appl. Clay Sci.(2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2013.10.023>

Umsetzung von Vorhaben

Termingerechte und fachlich exzellente Umsetzung des Standortauswahlverfahrens durch die BGE

FORSCHUNGSPLANUNG FÜR DEN BEREICH STANDORTAUSWAHL (STA)

Identifizieren und Formulieren von
FuE-Bedarfen relevant für
Standortauswahlverfahren

Planen und Umsetzen
von FuE-Vorhaben
und Aktivitäten

Erzielen der
Forschungsergebnisse und
Schließen von identifizierten
Wissenslücken

- Anwendung der Kriterien und Anforderungen (§§ 22 – 25 StandAG)
- Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
- Nachweisführung
- operative technische Entwicklungen und Methoden

Charakter der FuE-vorhaben

- **Kategorien von FuE-Vorhaben:**
 - Forschungsvorhaben
 - (Weiter-)Entwicklungsvorhaben
 - Erhebung des Standes von W&T
 - Fachkompetenz/Spezialexpertise
- **Methodik:** *Laborversuche, In-Situ Versuche, Versuche in Untertagelaboren (UTL), Demonstrationsversuche, Feldbegehungen, numerische Modellierung, analytische Untersuchung, Literaturrecherche*
- **Initiierungsmöglichkeiten von FuE-Vorhaben:** *öffentliche Ausschreibung, direkte Beauftragung, Co-funding Projekte, kooperative Forschungsverbände, Eigenprojekte*



Individuelle Planung von FuE-Vorhaben aufgrund von **unterschiedlichen Vorlaufzeiten** und **unterschiedlichen Bearbeitungsschritten** je nach Charakter der FuE-Vorhaben (**Kategorie und Methodik**).

- Initiierung, Begleitung und Durchführung von FuE-Vorhaben
- Beteiligung an nationalen und internationalen Gremien und Kooperationen (z. B. IGD-TP; DECOVALEX; EURAD; Salt Club, Clay Club und Crystalline Club der OECD/NEA)
- Beteiligung an Projekten in Untertagelaboren (z. B. Mont Terri)
- Veröffentlichung wissenschaftlicher Ergebnisse

Transfer des Erkenntnisgewinns

Termingerechte und fachlich exzellente Umsetzung des Standortauswahlverfahrens durch die BGE

FORSCHUNGSPLANUNG FÜR DEN BEREICH STANDORTAUSWAHL (STA)

Identifizieren und Formulieren von
FuE-Bedarfen relevant für
Standortauswahlverfahren

Planen und Umsetzen
von FuE-Vorhaben
und Aktivitäten

Erzielen der
Forschungsergebnisse und
Schließen von identifizierten
Wissenslücken

- Anwendung der Kriterien und Anforderungen (§§ 22 – 25 StandAG)
- Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
- Nachweisführung
- operative technische Entwicklungen und Methoden

Transfer der Forschungsergebnisse in das Standortauswahlverfahren



- Fachliche Qualitätssicherung durch externe Reviews
- Die an externe Auftragnehmer vergebenen Projekte werden fachlich durch die BGE begleitet. Nach Abschluss des Projektes nimmt die BGE die Ergebnisse entgegen
- Seitens der BGE ist eine Veröffentlichung der Ergebnisberichte in einschlägigen Fachzeitschriften (peer-review) ausdrücklich gewünscht und durch den Auftragnehmer selbst vorzusehen
- Die BGE führt im Anschluss dieser Diskussionen eine Einordnung der Ergebnisse für das Standortauswahlverfahren und die Berücksichtigung in der Umsetzung durch
- Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse in der Fortschreibung der Forschungsagenda
- Transfer der generierten Ergebnisse in das Wissensmanagement der BGE



Forschungsagenda

02

Standortauswahl Forschungsagenda



- Die Forschungsagenda der Standortauswahl stellt Rahmen und Struktur zur Steuerung der Planung und Koordination der Aktivitäten dar
- In der Forschungsagenda werden die Grundlagen der Forschungsplanung, Forschungsfelder und die zugehörigen Themen beschrieben
- Konkrete Bedarfe bzw. Projekte werden formuliert und in das Standortauswahlverfahren eingeordnet. Dabei entsprechen die Forschungsbedarfe den auf den bestehenden Wissensstand bezogenen Wissenslücken, die durch passende Aktivitäten geschlossen werden können
- Ziele und Schwerpunkte, die notwendigen Maßnahmen sowie die Anforderungen an die wissenschaftliche Arbeit werden erörtert und in die Agenda einbezogen
- Die Standortauswahl Forschungsagenda 2020 wurde im Juni 2020 veröffentlicht



Roadmap der Forschungsagenda

- Die Roadmap erfasst identifizierte FuE-Bedarfe und –Vorhaben und ordnet diese thematisch und zeitlich in das Standortauswahlverfahren ein. Die Darstellungen basieren nachvollziehbar auf den Phasen des Standortauswahlverfahrens
- Die Roadmap wurde ergänzend zur Agenda im Juni 2020 veröffentlicht

Forschungsfeld 1: FE&D-Bedarf der Standortauswahl der BGE mbH zum Inventar radioaktiver Abfälle und deren radiotoxische und chemotoxische Eigenschaften

Forschungsfeld und Forschungsthemen	Phase I		Phase II	Phase III
	Schritt 1: Ermittlung von Teilgebieten	Schritt 2: Ermittlung von Standortregionen für übertägige Erkundung	Übertägige Erkundung und Vorschlag für untertägige Erkundung	Untertägige Erkundung, abschließender Standortvergleich und Standortvorschlag
	<ul style="list-style-type: none"> Anwendung der Ausschlusskriterien Anwendung der Mindestanforderungen Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien <p>Meilenstein: Veröffentlichung von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Verhältnissen</p>	<ul style="list-style-type: none"> Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (Anwendung der planungswissenschaftlichen Kriterien) Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien Anwendung der Ausschlusskriterien Anwendung der Mindestanforderungen <p>Meilenstein: Vorschlag zu den Standortregionen für die übertägige Erkundung mit Vorschlägen für standortbezogene Erkundungsprogramme</p>	<ul style="list-style-type: none"> Durchführung der übertägigen Erkundung Durchführung der weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen Anwendung der Ausschlusskriterien Anwendung der Mindestanforderungen Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (Anwendung der planungswissenschaftlichen Kriterien) Durchführung sozioökonomischer Potenzialanalysen <p>Meilenstein: Vorschlag zu Standorten für die untertägige Erkundung mit Vorschlägen für standortbezogene Erkundungsprogramme und Prüfkriterien, Identifikation von Umweltauswirkungen und sonstiger Auswirkungen auf ein Endlager</p>	<ul style="list-style-type: none"> Durchführung der untertägigen Erkundung Durchführung der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen Erstellung notwendiger Unterlagen für den UVP-Bericht Anwendung der Ausschlusskriterien Anwendung der Mindestanforderungen Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (Anwendung der planungswissenschaftlichen Kriterien) <p>Meilenstein: Standortvorschlag für ein Endlager nebst vergleichender Bewertung</p>
Forschungsfeld 1: Inventar radioaktiver Abfälle und deren radiotoxische und chemotoxische Eigenschaften				
Thema 1.1: Eigenschaften und Verhalten hochradioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente (AV)		<p>AV1: Eigenschaften und Prozesse des Abfallinventars - Abschätzung</p> <p>AV2: Eigenschaften und Prozesse des Abfallinventars als Grundlage für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen</p> <p>AV-B1: Zunehmende Detaillierung des Flächenbedarfs im Laufe des Standortauswahlverfahrens</p>		
Thema 1.2: Radiochemische Entwicklung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (RC)		RC-WT1: Einfluss der Zwischenlagerung auf radiochemische Entwicklung der Abfälle (Veränderungsprozesse, Eigenschaften und Entwicklung vom Inventar)		
Thema 1.3: Kritikalitätsschluss (KR)		KR1: Post-closure criticality safety (IGD-TP)	KR-B1: Stand von Wissenschaft und Technik zu Methoden und Ansätzen zur Nachweisführung der Kritikalitätssicherheit	

- **Verhalten radioaktiver Abfälle und Entwicklung der radiotoxischen und chemotoxischen Eigenschaften:** *Eigenschaften und Verhalten hochradioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente, radiochemische Entwicklung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle sowie Kritikalitätsausschluss*
- **Geowissenschaftliche Fragestellungen:** *geowissenschaftliche Prozesse, klimatische Prozesse, Kriterien und Anforderungen nach StandAG, Eigenschaften des Wirtsgesteins, Erkundung*
- **Endlagerkonzept:** *Behälterkonzept, Verfüll- und Verschlusskonzept, Endlagerauslegung und Design, Endlagertechnik, Tagesanlagen, Betriebssicherheit, Monitoring, Nachweis der technischen Rückholbarkeit, Bergbarkeit, Kernmaterialüberwachung (Safeguards)*
- **Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen:** *Ungewissheiten, Nachweisführung, FEP-Kataloge und Szenarientwicklung, Integritätsnachweis geologischer und geotechnischer Barrieren sowie radiologischer Nachweis*
- **Sozialwissenschaften:** *Transparenz und Ergebnis-/Wissensvermittlung, sozioökonomische Potenzialanalysen, Wechselwirkung Mensch–Technik–Organisation sowie Standortauswahl vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Diskussion*

Die Agenda – Internationaler Kontext

IGD-TP Strategic Research Agenda, Update 2020

Zu ihrem 10. Jahrestag Ende 2019 hat die IGD-TP eine neue Vision 2040 entwickelt und 2020 die Strategic Research Agenda¹ überarbeitet und aktualisiert.

- RD&D in Bezug zur Phase Site Selection und Key Topics

EURAD Roadmap² und Strategic Research Agenda³

Das gemeinsame Forschungsprogramm der europäischen Staaten durch Beteiligung der verschiedenen Akteure: Waste Management Organisationen, Technical Support Organisationen, Forschungsinstitutionen, begleitet von Vertreterorganisationen der Zivilgesellschaft, initiiert Juni 2019

- Themen, Domains im Bezug zur Phase Site Selection



2040 – Towards industrialisation of radioactive waste disposal in Europe

Safely operate
the first geological disposal facilities in Europe

Optimise & industrialise
planning, construction and disposal operations

Tailor solutions
for disposal of the diverse waste inventories in Europe

Quelle: IGD-TP (2020)¹



A step change in European collaboration towards safe radioactive waste management.

THIS PROGRAMME HAS RECEIVED FUNDING FROM EURATOM RESEARCH AND TRAINING PROGRAMME 2014-2018 UNDER GRANT AGREEMENT N°847593.

Quelle: EURAD (2019)²

¹IGD-TP (2020) <https://igdtp.eu/research/>, abgerufen am 10.02.2021

²EURAD (<https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-roadmap>, abgerufen am 11.02.2021

³EURAD (2019) <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-sra>, abgerufen am 11.02.2021

International Kooperieren



EURAD Strategic Research Agenda
A step change in European collaboration towards safe radioactive waste management.

THEME 4: GEOSCIENCE TO UNDERSTAND I RADIONUCLIDE TRANSPORT AND LONG-T EVOLUTION

Introduction and background:

Long-term stability (uplift, erosion and tectonics)

A site should be geologically stable in order to ensure safety and also be predictable over long timescales to the extent required for assessing safety performance. A stable geological environment is not likely to be subject to sudden or rapid detrimental changes over long timescales because of its resilience with respect to internal and external perturbations. The geosphere contributes to isolation by providing a stable location deep underground that protects the geological disposal facility from any significant perturbations to the natural environment that may occur over the timescales of interest. The geosphere also contributes to containment by delaying the movement of any potential small amounts of long-lived radionuclides that are released from the EBS/near field, enabling their decay before they can pose a hazard to the biosphere.

The natural processes which may impact on the geosphere over the very long timescales associated with geological disposal are tectonics, uplift or subsidence and erosion, sufficient to prevent significant over-pressurisation of the EBS. In several disposal concepts, the potential for migration of free gas containing gaseous radionuclides to the biosphere is an important issue.

The EC **FORGE** (Fate Of Repository Gases) project investigated gas migration issues of relevance to geological disposal performance assessment.

Further needs identified include water (including solutes) and gas transfer during the restoration phase, and understanding further complexity with respect to the coupling between hydraulic and other processes. The coupling with thermal processes is already implemented in most of the two-phase flow numerical codes and can be used on large scales. Concerning

and the impact particularly related to subglacial formation. Processes of slow migration of radionuclides over long timescales.

Perturbations (chemistry)

The properties of the geosphere contribute to isolation by providing a stable location deep underground that protects the geological disposal facility from any significant perturbations to the natural environment that may occur over the timescales of interest.

In a low permeability claystone, the possibility of faster rates of inducing fracture depending on generation, if over-pressurisation is considered in disposal facilities, strength rock gas through t

mechanical complexity of limits for the volume. Have such a couple scale two-phases highly useful

Aqueous phase migration

Regarding the rate of radionuclide migration from the biosphere to the biosphere, interaction of the diverse in container design

4.2 Key Topic 2: Wasteforms and their Behaviour

4.2.1 Definition, scope and rationale

Definition – This Key Topic deals with understanding the behaviour of various wastes in geological repositories. All wastes that may require geological disposal are within the scope of this Key Topic, thus including the waste categories of spent uranium oxide (UO₂) and mixed oxide (MOX) fuels, vitrified high-level waste (HLW), long-lived intermediate level wastes (LLW) and some low-level wastes (LLW). Spent fuel from research reactors and legacy wastes are also considered. The wastes represent the potential source terms for release of radionuclides if and when waste containers are breached.

Objectives – The purpose of the research within this Key Topic is to understand safety-relevant processes, in particular the contribution of the wasteform to radionuclide retention in the repository. It is important to systematically define the physico-chemical properties of the waste materials, including their chemotoxic properties and presence of complexing agents, as well as the total inventory of various radionuclides – these properties together determine the time-dependent release of radionuclides. Methods for quantification of difficult-to-measure radionuclides are required here. This allows the formulation of mathematical models in order to assess radionuclide release from a repository. Spent nuclear fuel, when considered as the waste form for direct disposal, needs to be well characterised to address both pre-disposal and post-disposal issues. This characterisation is central for heat-output calculations and criticality safety analyses, which impact optimisation of repository plans and component requirements, and the definition of the initial state for the assessment of post-closure safety. Continued studies concerning how processes expected in the repository will affect the release rate of radionuclides from the spent fuel is required for both uranium oxide and MOX fuels. Understanding the waste source term directly relates to the first pillar of the IGD-TP's Vision 2040, to "safely operate" disposal facilities, and also to the ability to optimise the design and operation of the repository (the second pillar, "optimise and industrialise").

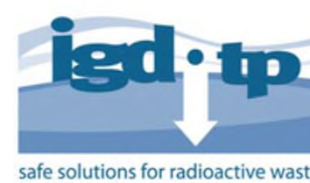
Rationale and benefits – The studies will better quantify the various processes controlling release of radionuclides, chemicals, and gas from wasteforms, thus contributing to the quality of models used in safety assessment and adequately defining the types and magnitudes of uncertainties associated with each process. This couples mainly to the first pillar of the IGD-TP Vision, to "safely operate". It is expected that, because experimental facilities and specialised equipment for work with highly radioactive materials are available in only a few countries, benefits for other countries could become available through use of these facilities in such studies under international co-operation arrangements. WMOs that are at an earlier stage of implementation in their programmes would benefit through participating at the appropriate stage and having access to information from the studies performed.

4.2.2 Specific research topics

Topic 2.1: Improved data for the rapid release fraction for spent uranium oxide fuel and improved understanding of its dissolution behaviour. The rapid release fraction for spent uranium oxide fuel was studied in the EC-funded project First Nuclides [55; 56]. Some, but not all, remaining issues are being investigated within the framework of the ongoing DisCo project [57]. There are aspects related to improved understanding of the distribution of the so-called instant release fraction in the fuel and the dissolution behaviour that are still uncertain. While

© IGD-TP
DOI: 10.5281/zenodo.4059860

Page 38 of 87



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

- Kooperative Projekte zur Bearbeitung von Bedarfen
 - Gemeinsame Interessen
 - Geteilte Relevanz
 - Eignung für Kooperationen mit Blick auf nationale Regularien und Dringlichkeiten
- Austausch und Transfer
 - Sammeln und Teilen von Stand von Wissenschaft & Technik
 - Themenbezogene Arbeitsgruppen und Workshops

Beispielseiten aus der IGD-TP SRA¹ und der EURAD SRA²

¹IGD-TP (2020) <https://igdtp.eu/research/>, abgerufen am 10.02.2021

²EURAD (2019) <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-sra>, abgerufen am 11.02.2021

IGD-TP

Phasen der Endlagerentwicklung



- 2020 SRA highlights main RD&D needs common to multiple WMOs
- Identifies main RD&D issues that needed a co-ordinated effort in order to realise our 'Vision 2040'
- Also provides valuable input to identifying topics for future EURATOM calls
- **Comprises 9 key topics and various cross-cutting activities**

Stages of repository development					
	Generic studies and concept development	Selection of host rock and site	Technology development and repository design	Technology development and repository construction	Industrial-scale manufacturing and repository operation
Safety strategy and methodology	Development of safety assessment methodology	Application of methodology in safety case and improvement of methods	Application of methodology in safety case and improvement of methods	Application of methodology in safety case	Application of methodology in safety case
Long-term safety: Scientific and technical basis	Broad-based research	Research narrowed to deal with host rock-specific aspects and specific aspects associated with the selected EBS	In situ experiments and improvement of data bases and understanding	Scientific work sharply focused on small number of residual issues, large-scale in situ experiments and component tests	Confirmation studies on components under site conditions incl. monitoring
Facility and component design	Concept variant studies	Repository design concepts adapted to specific rock type	Component design and layout design Operational safety studies	Full-scale prototypes constructed Industrial scheme developed	Full-scale production and operation
Site-related characteristics	Surveys of potential host rocks and their characteristics based on available information	Host rock characterization and site-specific studies	Detailed site characterization Excavation	Construction of main underground facilities Confirmation of rock properties for final design	Construction, confirmation, monitoring

Generic stages of repository development as derived from international experience. The stated RD&D activities reflect today's state-of-the-art in geological disposal¹

¹1. Gaus (2020) IGD-TP Member Experience of the Relationship between Early Programme Stages and Site Selection and R&D Programmes,

IGD-TP 2020 strategic research agenda¹



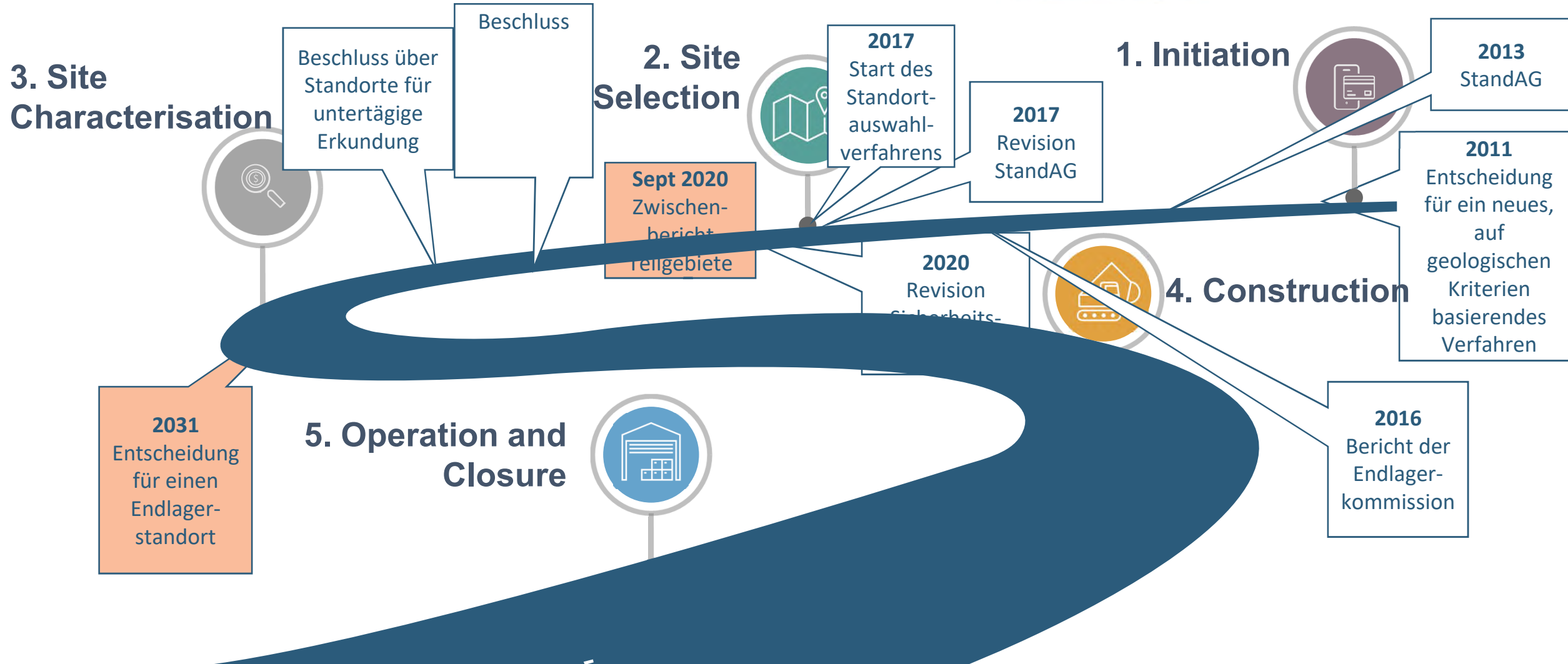
- Key Topic 1: Safety Case
- Key Topic 2: Waste forms and their behaviour
- Key Topic 3: Technical Feasibility and Long-term Performance of Disposal and Repository Components
- Key Topic 4: Implementation and/or Optimisation
- Key Topic 5: Safety of Construction and Operations
- Key Topic 6: Monitoring
- Key Topic 7: Methodologies for Site Characterisation
- Key Topic 8: Strategy for Repository Project Development
- Key Topic 9: Knowledge Management

	Scientific basics	Technical feasibility	Site properties	Safety case
Uncertainties	Borders of knowledge not defined	Engineering standards for limited time frame	- Heterogeneity of geologic formations - Future evolution	Framing of uncertainties and scenarios
Activities in progress	Hypothesis testing Works on models and analogues	Large scale in situ tests and demonstration	Site survey and data compilation Data synthesis and evaluation Site modelling	Sensitivity analysis Performance assessment models
Current status regarding licensing by 2025	Sufficient basis exists for safety case and repository design	Testing in Underground Research Facilities (URFs) in progress	Sufficient knowledge exists for safety case and repository design	Sufficient safety potential and safety margins Further reducing of uncertainties
Vision related aims	Underpinning the robustness of theories and models	Establishing safe disposal technologies on industrial level	Increase of confidence in long-term safety	

Figure 2.2.3. Overview on the principal areas of RD&D in deep geological disposal and the activities in progress in programmes closest to licensing. Identification and reduction of remaining uncertainties is mainly part of safety case development (see also Figure 2.1.1).

¹IGD-TP (2020) <https://igdtp.eu/research/>, abgerufen am 10.02.2021

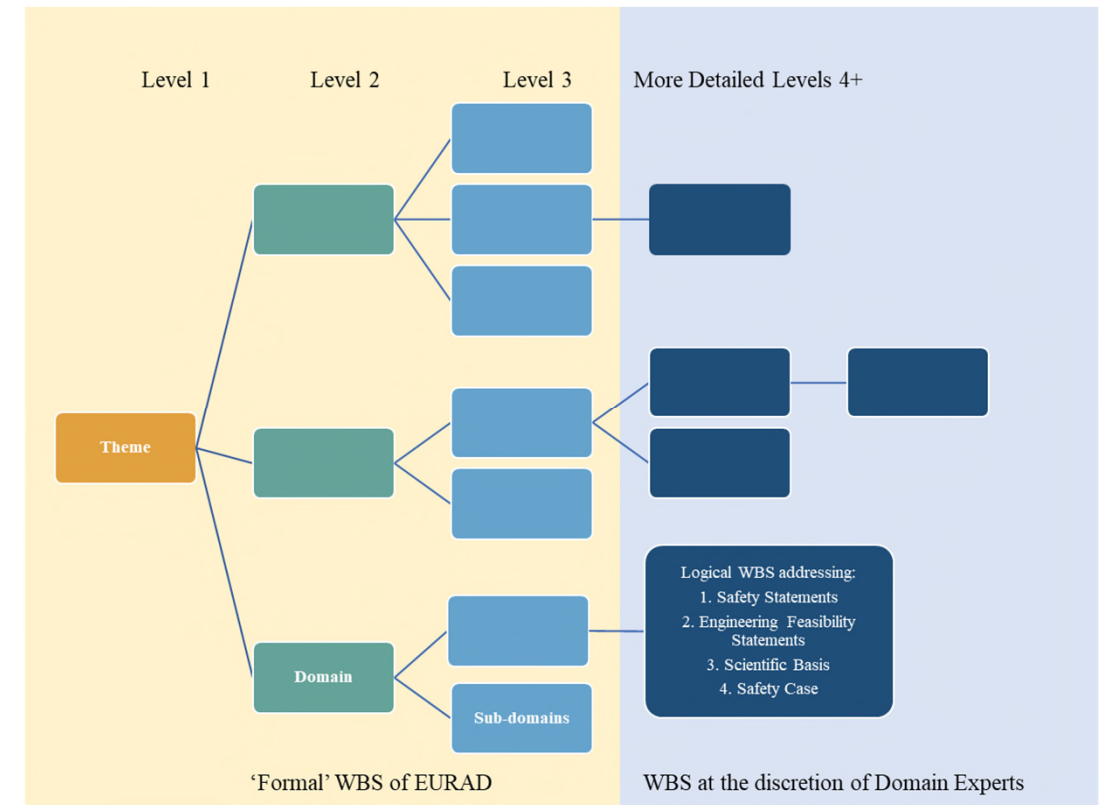
EURAD – Phasen des Endlagerungsprogramms¹



EURAD – Themen der Roadmap¹

The Roadmap is structured at the highest level by seven themes

1. Managing implementation and oversight of a radioactive waste management programme
2. Radioactive waste characterisation, processing and storage (Pre-disposal activities)
3. Engineered barrier system properties, function and long-term performance
4. Geoscience to understand rock properties, radionuclide transport and long-term geological evolution
5. Facility design and the practicalities of construction, operations and closure
6. Siting and licensing
7. Performance assessment, safety analyses and safety case development



Quelle: EURAD (2019)¹

¹EURAD (2019) <https://www.ejp-eurad.eu/publications/eurad-sra>, abgerufen am 11.02.2021



Überblick über aktuelle FuE-Themen

03

- **RESUS I** (Grundlagenentwicklung für repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen und zur sicherheitsgerichteten Abwägung von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle) und **RESUS Erweiterung**
- **Prognose Vulkanismus**
- **Prognose Hebungen**
- **Konzept zur generellen Vorgehensweise zur Anwendung geowissenschaftlicher Abwägungskriterien**
- **Ausschlusskriterien „seismische Aktivität“, „aktive Störungszonen“ und „Grundwasseralter“**

- **ZuBeMERk** (Zusammenstellung und Bewertung von geophysikalischen Methoden zur übertägigen Erkundung)
- **GeoMePS** (Zusammenstellung und Bewertung von geowissenschaftlichen Methoden und Programmen für die übertägige Standorterkundung)
- **Ausschlusskriterium *vulkanische Aktivität* – Aktueller Forschungsstand und Definition notwendiger Sicherheitsabstände**
- **THEREDA** (Fortführung und Weiterentwicklung der thermodynamischen Referenzdatenbasis)
- **Thermische Integrität von Ton und Tonsteinen** – Experiment und gekoppelte THMC - Simulationen
- **Berechnung des teufenabhängigen Flächenbedarfs für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle**
- **DECOVALEX** (Development of Coupled models and their Validation against Experiments)
Langzeitversuch einer Einlagerungsstrecke im Felslabor Mont Terri. Integritätsbewertung des Verbundes aus geotechnischer und geologischer Barriere

- Das Projekt **EURAD SoK (State of Knowledge)**: Teil des EURAD Wissensmanagement-Programms zur Erfassung und Verfügbarkeit des vorhandenen relevanten Wissens aus Expertensicht
- **EURAD UMAN (Uncertainty Management multi-actor network)**: strategische Studie zum Management von Ungewissheiten in der Entsorgung und im Management radioaktiver Abfälle
- **EURAD GAS** (Mechanistic understanding of gas transport in clay materials): Verständnis des Radionuklid-Transportes über die Gasphase in Tongestein (geologische Barriere) und Bentonit (geotechnische Barriere) zur Bewertung, wie sich der Gastransport auf die Sicherheit des Barriersystems auswirkt
- **EURAD HITEC (Influence of temperature on clay-based material behavior)**: Einfluss erhöhter Temperaturbedingungen auf Tongestein (geologische Barriere) und Bentonit (geotechnische Barriere)
- **PIONIER** Implementierung und Weiterentwicklung von Stoffmodellen zur Simulation THM-gekoppelter Prozesse im Rahmen sicherheitsanalytischer Untersuchungen im Tongestein und Bentonit

▪ **Mont Terri**

Die BGE ist seit dem 01.07.2020 offizieller Partner des Mont Terri Projektes. Gegenwärtig beteiligt sich die BGE an zwei Experimenten:

- **„Heterogeneity of sandy facies by geophysical characterization and diffusion studies“**
Die sandige Fazies des Opalinuston kann die Diffusivität von Radionukliden stark beeinflussen und somit die Langzeitsicherheit beeinträchtigen. Da in den oberen Schichten des süddeutschen Opalinuston ebenfalls mit einer sandigen Fazies zu rechnen ist, können die Ergebnisse des Experiments dazu beitragen, das Diffusionsverhalten im süddeutschen Opalinuston generell besser zu verstehen (Principal Investigator Dr. Joseph, KIT-INE)
- **„Influence of humidity on cyclic and long-term deformations“** Tongestein weist ein komplexes Verhalten in Hinblick auf gekoppelte hydraulisch - mechanische Prozesse (gekoppelte HM-Prozesse) auf. Für das Experiment werden in zwei nicht zusätzlich stabilisierten Nischen unterschiedliche Bedingungen erzeugt. Durch ein dauerhaftes Monitoring von z. B. Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Deformation und Konvergenz soll der Einfluss der unterschiedlichen Bedingungen auf die Stabilität des Tongesteins bewertet werden (Principal Investigator Dr. Ziefle, BGR)



Ausblick

04

Nächste Schritte



- BGE hat die Arbeiten für Schritt 2 der Phase I aufgenommen mit dem Ziel, gemäß §14 StandAG, Regionen für die übertägige Erkundung zu identifizieren
- In diesem Schritt sind für alle Teilgebiete repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen gemäß § 27 StandAG und EndlSiUntV durchzuführen
- Basierend auf den Ergebnissen werden erneut die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien angewendet. Soweit geboten, werden planungswissenschaftliche Abwägungskriterien berücksichtigt (§ 25 StandAG)
- Die Forschungsplanung Standortauswahl wird mit Blick auf die anstehenden Herausforderungen und basierend auf den bisherigen Erkenntnissen aktualisiert und verfeinert

Weitere Schwerpunktthemen in der Forschung



- Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle
- Klimaentwicklung
- Ungewissheiten und ihr Management
- Charakterisierung endlagergeeigneter kristalliner Wirtsgesteine in Bezug auf mineralogische, petrophysikalische und geochemische Eigenschaften

Weitere Schwerpunktthemen in der Forschung

- Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle
- **Klimaentwicklung**
- Ungewissheiten und ihr Management
- Charakterisierung endlagergeeigneter kristalliner Wirtsgesteine in Bezug auf mineralogische, petrophysikalische und geochemische Eigenschaften

▪ **Regulatorische Grundlagen**

- Auf Basis der geowissenschaftlichen Langzeitprognose sind geogene Einwirkungen und Prozesse zu identifizieren und zu bewerten. Daraus zu erwartende und abweichende Entwicklungen sind abzuleiten (§ 3 Abs. 6 EndlSiUntV)
- Die Entwicklung der klimatischen Situation und deren Einfluss auf die Langzeitsicherheit des Endlagersystems sind zu betrachten (Abschnitt 2 Langzeitsicherheit, § 3 Abs. 3 EndlSiAnfV)

▪ **Einordnung in die STA Forschungsagenda und Roadmap**

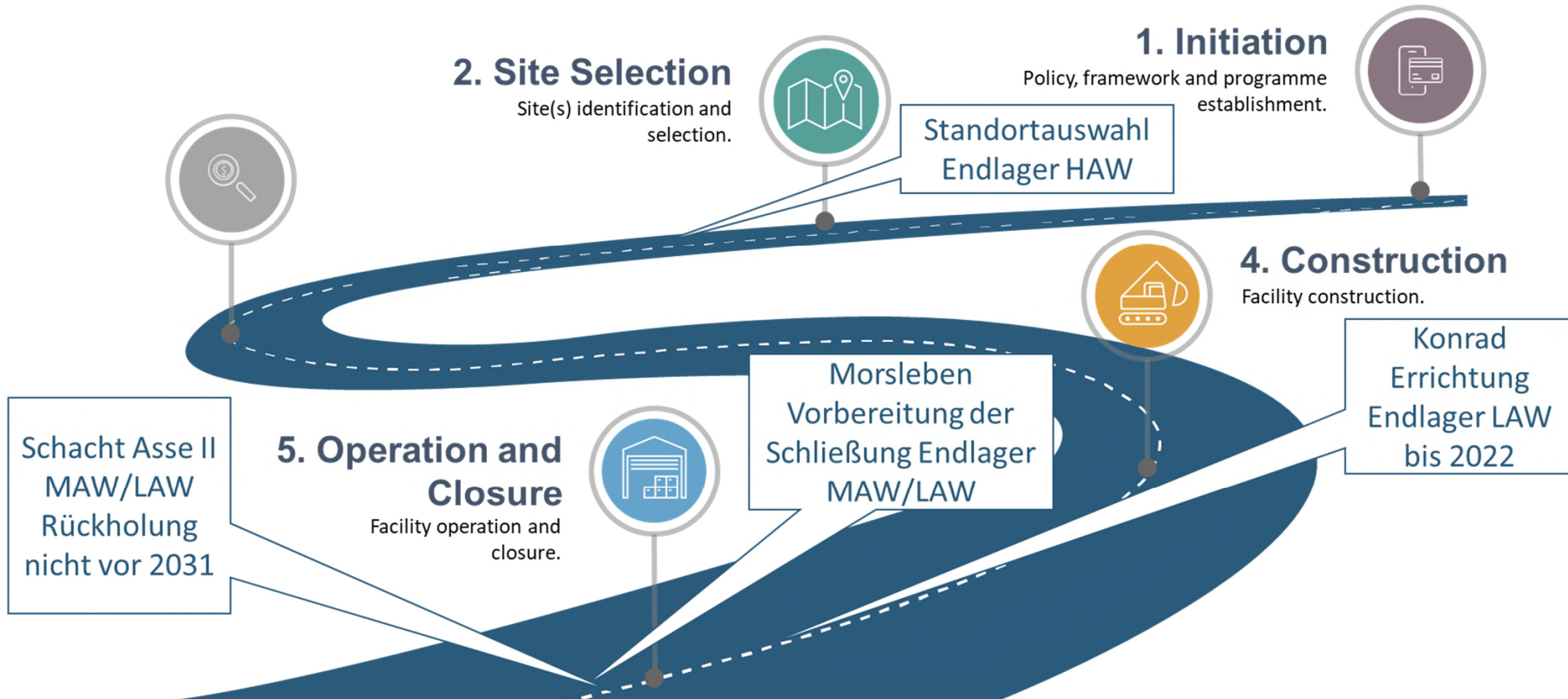
- ❖ Forschungsfeld 2 Geowissenschaftliche Fragestellungen
 - Thema 2.2 Klimatische Prozesse

▪ **Kernfragen**

- Zukünftige Entwicklungen (z. B. mit Blick auf Vergletscherungen, Glaziale Rinnen, Permafrost, Meeresspiegelschwankungen, Flussregime)
- Effekte auf die Wirtsgesteine und die Barriere-Systeme
- Unsicherheiten dieser Effekte, Unsicherheiten von Klimamodellen

BGE – die Vorhabenträgerin

Der Forschungsplan der Standortauswahl wird Beitrag und Teil des Forschungsprogramms der BGE.





BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

ASTRID GÖBEL

Leiterin Gruppe Forschung & Entwicklung Standortauswahl | FEW-FE.1

Standort Peine | Eschenstraße 55 | 31224 Peine |

www.bge.de
www.einblicke.de



@die_BGE